

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-193420

(43)Date of publication of application : 14.07.2000

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

G06T 1/00

G06T 7/60

(21)Application number : 11-243942

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES &
DEV LAB INC

(22)Date of filing :

30.08.1999

(72)Inventor : ANDO MICHINORI

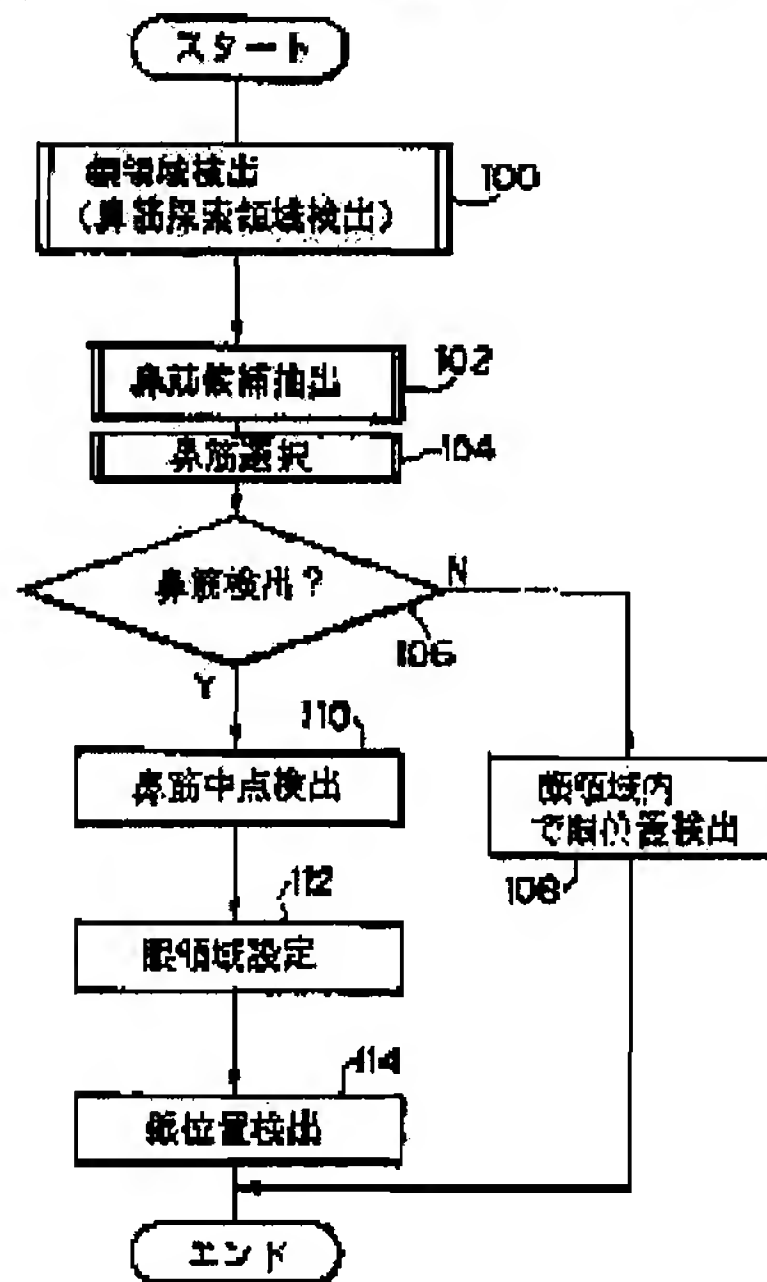
(30)Priority

Priority number : 10297319

Priority date : 19.10.1998

Priority country : JP

(54) EYE POSITION DETECTING DEVICE



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately detect the position of an eye by detecting the nose region from an image taken from a side diagonally.

SOLUTION: A face region coordinate is calculated from a face image stored in an image memory, the calculated face region coordinate is stored in a face region register while a nose line search region coordinate is calculated from the face region coordinate, which is stored in a nose line search region coordinate register (100). A left side edge and a right side edge in the nose line search region are extracted using a different threshold value with the calculated

nose line search region coordinate, and a plurality of regions based on the extracted left-side edge and right-side edge are extracted as a candidate for nose line (102). A nose line is selected based on the vertical length of a nose-line candidate among the extracted nose-line candidates (104), for judging whether a nose line is selected or not (106). If it is judged that a nose line is detected, the center point of the selected nose line is detected (110), a region where an eye is present (eye region) is set based on the center point of nose line (112), and the position of eye is detected from the set eye region (114).

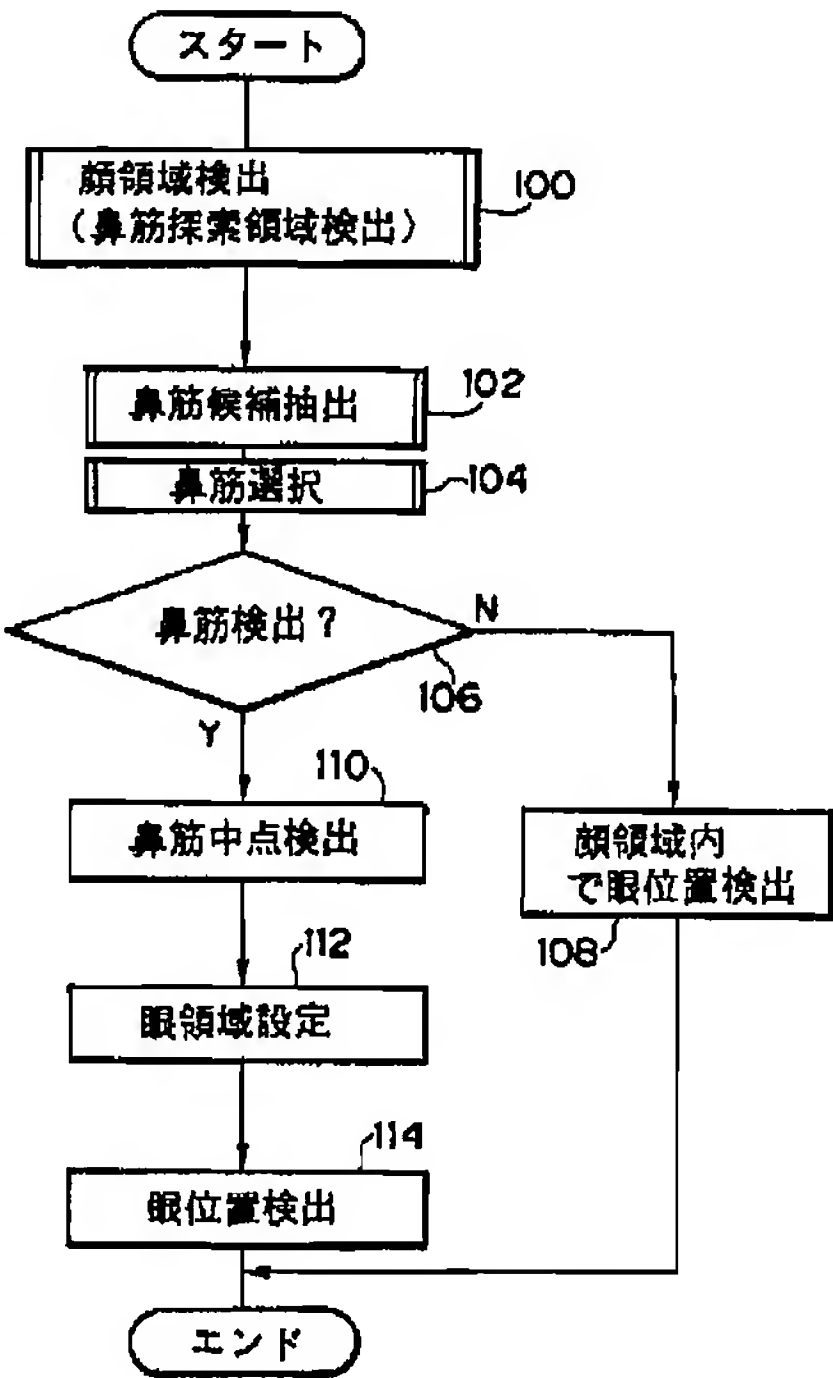
(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
G 0 1 B 11/00		G 0 1 B 11/00	H
G 0 6 T 1/00		G 0 6 F 15/62	3 8 0
7/60		15/70	3 5 0 B

審査請求 未請求 請求項の数1 O L （全 14 頁）

(21)出願番号	特願平11－243942	(71)出願人	000003609 株式会社豊田中央研究所 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番 地の1
(22)出願日	平成11年 8 月30日(1999. 8. 30)	(72)発明者	安藤 道則 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番 地の1 株式会社豊田中央研究所内
(31)優先権主張番号	特願平10－297319	(74)代理人	100079049 弁理士 中島 淳 （外1名）
(32)優先日	平成10年10月19日(1998. 10. 19)		
(33)優先権主張国	日本（J P）		

(54)【発明の名称】 眼の位置検出装置

(57)【要約】
【課題】斜め横から撮影した画像から鼻領域を検出して眼の位置を正確に検出する。
【解決手段】画像メモリに記憶されている顔画像から顔領域座標を算出し、算出した顔領域座標を顔領域レジスタに記憶すると共に、顔領域座標から鼻筋探索領域座標を算出し鼻筋探索領域座標レジスタに記憶する（100）。算出された鼻筋探索領域座標に対して各々異なるしきい値を用いて鼻筋探索領域の左側エッジと右側エッジとを抽出し、抽出した左側エッジ及び右側エッジに基づいた複数の領域を鼻筋の候補として抽出する（102）。抽出された鼻筋の候補から鼻筋の候補の縦方向の長さに基づいて鼻筋を選択し（104）、鼻筋が選択されたか否かを判断する（106）。鼻筋が検出されたと判断された場合には、選択された鼻筋の midpoint を検出し（110）、鼻筋の midpoint に基づいて眼の存在領域（眼領域）を設定し（112）、設定された眼領域から眼の位置を検出する（114）。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】顔を斜め前方から撮影した画像、または斜め前方から光を受けた顔を撮影した画像に基づいて眼の位置を検出する眼の位置検出装置であって、
入力された画像から顔の領域を抽出する顔領域抽出手段と、
抽出された顔の領域から各々異なるしきい値を用いて左側エッジと右側エッジとを抽出し、抽出した左側エッジ及び右側エッジに基づいた領域を鼻筋の候補として抽出する鼻筋候補抽出手段と、
抽出された鼻筋の候補から鼻筋を抽出する鼻筋抽出手段と、
抽出された鼻筋の位置に基づいて眼の存在領域を設定する眼領域設定手段と、
設定された眼の存在領域から眼の位置を検出する眼位置検出手段と、
を含む眼の位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、眼の位置検出装置に係り、特に、鼻の角度及び向き等に影響されずに安定して眼の位置を検出することができる眼の位置検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】特開昭 61-77703 号公報には、車両運転者の目の位置認識装置が記載されている。この装置では、鼻の輪郭を明確に出すために、斜め横方向からドライバーの顔を撮影し、撮影したドライバーの顔画像上で、鼻を探索する鼻探索領域をある領域に固定し、鼻探索領域内で鼻のパターンマッチングにより、鼻尖の位置を検出する。そして、検出された鼻尖の位置から鼻筋を検出し、検出された鼻筋の傾きを算出し、鼻尖の位置及び鼻筋の傾きから、瞳の中心位置を算出する。

【0003】また、特開昭 63-311105 号公報に記載されている車両乗員の乗車位置認識装置は、ドライバーの座席状態検出手段を用いて、座席の前後の位置及び姿勢を検出し、検出された座席の位置及び姿勢からドライバーの顔の位置を推定し、鼻を探索するための所定領域を設定している。

【0004】上記従来の車両運転者の目の位置認識装置では、ドライバーの顔面に対して、かなり浅い角度、すなわち真横に近い角度でドライバーの顔を撮影している。従って、ドライバーの座る前後の位置によって、鼻の位置も前後に変化する。このため、鼻探索領域の位置を固定した場合、鼻探索領域内に必ず鼻が存在するとは限らないので、パターンマッチングにより鼻尖の位置を検出するのが困難な場合がある。また、鼻の形は個人差によって大きく異なり、顔の向き、すなわち撮影する角度により鼻の形は大きく変化する。このため、斜め横か

ら撮影した赤外画像の場合等には、鼻の左側が暗くなって、エッジが不明瞭になる場合があり、エッジが不鮮明になると検出する鼻の形に影響する。パターンマッチングでは、鼻の形の変化に対応することができず、鼻の形の変化に対応するためには、鼻のパターンを変化させる鼻の形に応じて多種類用意する必要があり、この方法は現実的ではない。

【0005】また、上記の車両乗員の乗車位置認識装置は、座席状態検出手段が必要になるので、コスト高になる、という問題がある。また、ドライバーの個人差によって、座席での着座のし方、背もたれに対する姿勢も異なるので、座席の位置、及び姿勢からドライバーの顔の位置を推定する場合には、高い精度が得られない、という問題がある。

【0006】本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、斜め横から撮影した赤外画像等においても鼻の存在領域を検出して眼の位置を検出することができる眼の位置検出装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、顔を斜め前方から撮影した画像、または斜め前方から光を受けた顔を撮影した画像に基づいて眼の位置を検出する眼の位置検出装置であって、入力された画像から顔の領域を抽出する顔領域抽出手段と、抽出された顔の領域から各々異なるしきい値を用いて左側エッジと右側エッジとを抽出し、抽出した左側エッジ及び右側エッジに基づいた領域を鼻筋の候補として抽出する鼻筋候補抽出手段と、抽出された鼻筋の候補から鼻筋を抽出する鼻筋抽出手段と、抽出された鼻筋の位置に基づいて眼の存在領域を設定する眼領域設定手段と、設定された眼の存在領域から眼の位置を検出する眼位置検出手段と、を含んで構成したものである。

【0008】本発明では、顔を斜め前方から撮影した画像、または斜め前方から光を受けた顔を撮影した画像に基づいて眼の位置を検出する。顔を斜め前方から撮影する場合には、顔はいずれの方向から光を受けてもよく、斜め前方から光を受けた顔を撮影する場合は、顔の真正面や斜め前方等いずれの方向から撮影してもよい。これによって、鼻筋の左側エッジと右側エッジとが異なるように撮影される。顔を斜め前方から撮影するときの角度、及び光の角度は、顔の正面を 0° 、顔の真横を 90° とすると、 $20^\circ \sim 70^\circ$ が適当である。顔領域抽出手段は、入力された画像から顔の領域を抽出する。この顔の領域は、入力された顔画像を適当な輝度しきい値により 2 値画像に変換し、変換された 2 値画像を用いて抽出することができる。

【0009】鼻筋候補抽出手段は、抽出された顔の領域から各々異なるしきい値を用いて左側エッジと右側エッジとを抽出し、抽出した左側エッジ及び右側エッジに基づいた領域を鼻筋の候補として抽出する。

【0010】この場合、抽出された顔の領域内で、所定の領域を鼻筋探索領域として設定して鼻筋の候補を抽出するのが効果的である。この所定の領域は、顔の撮影方向または顔が光を受ける方向に応じて設定することができ、顔に向かって斜め右前方から顔を撮影した画像、または顔に向かって斜め右前方から光を受けた顔を撮影した画像に基づいて眼の位置を検出する場合には、顔の領域の向かって左側半分の領域を鼻筋探索領域として設定することができる。また、鼻筋の候補は、左側エッジ及び右側エッジの対を検出し、エッジの対が存在する領域を鼻筋の候補として抽出することができる。

【0011】本発明において、左側エッジと右側エッジとを抽出する際のしきい値を異ならせたのは、顔を斜め前方から撮影しているか、または斜め前方から光を受けた顔を撮影していることから鼻筋の左右のエッジ強度が異なるためである。顔に向かって斜め右前方から顔を撮影した場合、または顔に向かって斜め右前方から光を受けた顔を撮影した場合には、左側エッジに対するしきい値<右側エッジに対するしきい値になる。

【0012】鼻筋抽出手段は、抽出された鼻筋の候補から、例えば、候補領域の縦の長さに関する条件を用いて、最も確からしい候補を鼻筋として抽出する。条件を満足しない場合は、鼻筋検出不可とする。候補領域の縦の長さに関する条件を用いて抽出する場合には、適当なしきい値より長い候補を選択し、選択した候補の中から長さの最も長いものを鼻筋として抽出する。

【0013】眼領域設定手段は、抽出された鼻筋の位置に基づいて眼の存在領域を設定する。眼の存在領域は、抽出された鼻筋を線分と仮定し、抽出された鼻筋の中点から眼が存在する領域を予想することにより設定することができる。

【0014】眼位置検出手段は、設定された眼の存在領域から眼の位置を検出する。

【0015】なお、本発明において鼻筋が検出できなかった場合には、顔の領域全体で眼の位置の検出を行えばよい。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0017】本実施の形態は、図1に示すように、ドライバーの顔をドライバーに向かって右斜め前方から撮影するカメラ10、画像処理用のコンピュータ、及びコンピュータに接続されて抽出された2値化画像等を表示するCRTで構成された表示装置32によって構成されている。

【0018】画像処理用のコンピュータは、カメラ10から入力された画像信号をディジタル変換するアナログ-ディジタル(A/D)変換器12、CPU14、眼位置検出処理ルーチンのプログラムが記憶されたROM16、RAM18、画像データを記憶する画像メモリ2

0、輝度平均値を記憶する平均値レジスタ22、以下で説明する各種の度数分布を表すヒストグラムを記憶するヒストグラムメモリ24、顔領域の座標を記憶する顔領域座標レジスタ26、鼻筋探索領域の座標を記憶する鼻筋探索領域座標レジスタ28、表示装置32に接続された出力ポート30、輝度平均値の差、輝度平均値の総和の値及び0等を記憶する画像メモリ34、及びこれらを接続するコントロールバスやデータバス等のバス36で構成されている。

【0019】次に、本実施の形態の眼位置検出処理ルーチンについて図2を参照して説明する。

【0020】カメラ10から入力された画像信号は、A/D変換器12によってディジタルの画像データに変換されて画像メモリ20に記憶されている。

【0021】ステップ100において、画像メモリ20に記憶されている顔画像から矩形状の顔領域の対角線の両端座標で表される顔領域座標 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) を算出し、算出した顔領域座標を顔領域レジスタ26に記憶すると共に、顔領域座標から鼻筋探索領域座標 (x_1, y_1) 、 (x_0, y_2) を算出し鼻筋探索領域座標レジスタ28に記憶する。ただし、 $x_1 < x_0 < x_2$ 、 $y_1 < y_2$ 、 $x_0 = (x_1 + x_2) / 2$ である。

【0022】ステップ102では、画像メモリ20に記憶されている顔画像上の算出された鼻筋探索領域座標で示される領域内に対して、各々異なるしきい値を用いて鼻筋探索領域の左側エッジと右側エッジとを抽出し、抽出した左側エッジ及び右側エッジに基づいた複数の領域を鼻筋の候補として抽出する。ステップ104では、抽出された鼻筋の候補から鼻筋の候補の縦方向の長さに基づいて鼻筋を選択し、ステップ106において鼻筋が選択されたか否か、すなわち鼻筋が検出されたか否かを判断する。

【0023】ステップ106で鼻筋が検出されていないと判断された場合には、ステップ108でステップ100において検出された画像メモリ20に記憶されている顔画像上の顔領域内で眼の位置を検出する処理を行う。一方、ステップ106で鼻筋が検出されたと判断された場合には、ステップ110で選択された鼻筋の中点を検出し、ステップ112で鼻筋の中点に基づいて眼の存在領域(眼領域)を設定し、ステップ114で設定された眼領域から眼の位置を検出する。

【0024】図3は図2のステップ100の詳細を示すもので、ステップ120において、顔画像(グレー画像)の各画素の輝度値を予め定められた適当なしきい値と比較することにより、顔画像をラベル1、0が付された2値画像に変換する。次のステップ122では、図4に示すように、2値画像のラベルをXY平面上のX軸、及びY軸へ投影したヒストグラムを求め、ステップ124において求めたヒストグラムをヒストグラムメモリ2

4に記憶する。このヒストグラムは、あるX座標を通りかつY軸に平行な直線上に位置する画素のラベルを積算した値を度数とすることにより得られる。なお、Y軸についても同様であり、あるY座標を通りかつX軸に平行な直線上に位置する画素のラベルを積算した値を度数とすることにより得られる。

【0025】ステップ126では、図4に示すように、X軸上でのヒストグラムの度数のピーク値を算出する。Y軸についても同様に度数のピーク値を算出する。ステップ128では、図4に示すように、X軸上で度数がピークの座標から、しきい値と度数とを比較しながら左右へ進んでいく過程で、しきい値を横切った座標より度数が大きいX座標 x_1 、 x_2 を顔領域座標として抽出する。Y軸に関しても同様な方法で顔領域座標 y_1 、 y_2 を抽出する。これによって、顔領域座標 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) が算出される。算出された顔領域座標は、ステップ130において顔領域座標レジスタ26に記憶される。

【0026】ステップ132において、顔領域座標から顔の向かって左半分の領域に属する座標を鼻筋探索領域座標 (x_1, y_1) 、 (x_0, y_2) として選択し、ステップ134において選択された鼻筋探索領域座標が鼻筋探索領域座標レジスタ28に記憶される。

【0027】次に、図2のステップ102の鼻筋候補抽出処理の詳細について説明する。鼻筋候補抽出処理は、図5に示す左側エッジ抽出処理ルーチン、図6に示す右側エッジ抽出処理ルーチン、図7に示す左右エッジの対抽出処理ルーチンの3ブロックに分けられるので、各々について説明する。

【0028】図5の左側エッジ抽出処理ルーチンでは、図8(A)に示すように、鼻筋探索領域座標レジスタ28に記憶されている鼻筋探索領域座標に基づき、画像メモリ20に記憶されている顔画像上の鼻筋探索領域上で顔の横方向に隣接して連続するように左側から右側に向かって設定された1画素の矩形領域1、矩形領域2の2個の矩形領域を2組備えた矩形のウィンドウ40を用いる。このウィンドウ40は、矩形領域1及び矩形領域2からなる1組の矩形領域を顔の横方向に1画素分左方向にずらして構成されており、鼻筋探索領域上で1画素ずつ右方向にずらしてスキャンすることを上から下方向に1画素ずつずらしてスキャンすることにより左側エッジが抽出される。

【0029】図5のステップ140では、各矩形領域1、2内の全画素の輝度値を積算することにより輝度積算値を各々算出する。ステップ142では、矩形領域1内の輝度積算値の和を矩形領域1内の全画素数で除算すると共に、矩形領域2内の輝度積算値の和を矩形領域2内の全画素数で除算することにより、矩形領域1、2内の輝度平均値 P_1 、 P_2 を算出し、輝度平均値レジスタ22にウィンドウ40の位置に応じて保存する。

【0030】次のステップ144では、隣接する矩形領域1、2内の輝度平均値の差 $(P_1 - P_2)$ の各々と、しきい値 K_1 とを比較し、 $P_1 - P_2 > K_1$ の条件を満足するか否かを判断する。

【0031】ステップ144で上記の条件を満足すると判断されたとき、すなわち隣接する矩形領域内の輝度平均値の差が大きいことから鼻筋候補の左側エッジであると判断される場合には、ステップ146において、顔画像が記憶されている画像メモリとは別の画像メモリ34へ、輝度平均値の差 $(P_1 - P_2)$ の値を書き込む。書き込むべき座標は、図8の矩形領域1の中で最も上に位置する画素の座標とする。同時にステップ148においてヒストグラムメモリ24に記憶されている輝度平均値の差の度数分布を表すヒストグラムの差 $(P_1 - P_2)$ に対する度数を1増加する。

【0032】ステップ144において上記の条件を満足しないと判断されたとき、すなわち隣接する矩形領域1、2間の輝度平均値の差が小さい場合には、左側エッジが存在しないと推定してステップ150において、顔画像が記憶されている画像メモリとは別の画像メモリ34へ0を書き込む。書き込むべき座標は、図8(A)の矩形領域1の中で最も上に位置する画素の座標とする。同時に、ステップ152においてヒストグラムメモリ24の差が0の度数を1増加する。

【0033】なお、輝度平均値の差 $(P_1 - P_2)$ の値及び0は、図8(A)のウィンドウの中心座標に書き込むべきであるが、この例では便宜上、左上の画素としている。

【0034】次のステップ154では、鼻筋探索領域の画像全面についてステップ140～ステップ152の処理が終了したか否かを判断し、処理が終了していない場合にはウィンドウを1画素ずらしてステップ140に戻り、上記の処理を繰り返す。

【0035】上記の処理を、矩形のウィンドウ40を1画素ずつずらしながら、入力画像である鼻筋探索領域の画像全体に対して行うことにより、輝度平均値の差が書き込まれた画像及びヒストグラムが得られる。

【0036】ステップ154で鼻筋探索領域の画像全面について処理が終了していると判断された場合は、ステップ156においてヒストグラムメモリに記憶されているヒストグラムに基づいて輝度平均値の差 $(P_1 - P_2)$ に対するしきい値 K_2 を算出する。すなわち、ヒストグラムの上位の度数から度数を積算し、積算した値が全度数に対して所定割り合いに到達した際の差 $(P_1 - P_2)$ の値をしきい値 K_2 として設定する。この全度数に対する所定割り合いは、予めシミュレーション等によって設定される。

【0037】ステップ158では、各画素の輝度平均値の差 $(P_1 - P_2)$ としきい値 K_2 とを比較して $(P_1 - P_2) > K_2$ の条件を満足するか否かを判断する。

【0038】上記条件を満足する画素に対してはステップ160において出力するときの値を1とし、上記条件を満足しない画素に対してはステップ162において出力するときの値を0とするようにラベリングを行い2値化を行う。上記の2値化処理はステップ164で鼻筋探索領域の画像全面について処理が終了したと判断されるまで継続される。そして、鼻筋探索領域の画像全面について処理を行うことにより鼻筋の左側のエッジに相当する白／黒エッジが抽出される。左側のエッジ抽出処理による2値画像の例を図10(A)に示す。

【0039】次に、図6に示す右側エッジ抽出処理ルーチンについて説明する。

【0040】図6の右側エッジ抽出処理ルーチンでは、図8(B)に示すように、鼻筋探索領域座標レジスタ28に記憶されている鼻筋探索領域座標に基づき、画像メモリ20に記憶されている顔画像上の鼻筋探索領域上で顔の横方向に隣接して連続するように左側から右側に向かって設定された1画素の矩形領域3、及び4画素の矩形領域4からなる2個の矩形領域を4組備えた矩形のウィンドウ50を用いる。このウィンドウ50は、矩形領域3及び矩形領域4からなる1組の矩形領域を顔の横方向に順に1画素ずつ左方向にずらして構成されており、鼻筋探索領域上で1画素ずつ右方向にずらしてスキャンすることを下方向に1画素ずつずらしてスキャンすることにより右側エッジが抽出される。

【0041】右側エッジ抽出処理に使用する矩形のウィンドウ50が、左側エッジ抽出処理に使用する矩形のウィンドウ40と形状が異なるのは、ドライバーの顔をドライバーに向かって右斜め前方から撮影しているためであり、左側エッジが右側エッジに比較して弱いことから左側エッジについては微小面積で輝度平均の差を演算してエッジを抽出し易くしている。

【0042】図6に示す右側エッジ抽出処理は、図5で説明した左側エッジ抽出処理と同様であるので対応する部分には同一符号を付して説明する。図6に示す右側エッジ抽出処理では、ステップ142において矩形領域3内の輝度積算値の和を矩形領域3内の全画素数で除算すると共に、矩形領域4内の輝度積算値の和を矩形領域4内の全画素数で除算することにより、矩形領域3、4内の輝度平均値P3、P4を算出し、ステップ156においてヒストグラムメモリに記憶されているヒストグラムに基づいて輝度平均値の差(P4-P3)に対するしきい値K3を算出する。すなわち、ヒストグラムの上位の度数から度数を積算し、積算した値が全度数に対して所定割り合いに到達した際の差(P4-P3)の値をしきい値K3として設定する。この全度数に対する所定割り合いは、予めシミュレーション等によって設定される。

【0043】顔を斜め右方向から撮影していることから鼻の左右のエッジ強度が異なるため、このしきい値K3は左側エッジのしきい値K2とは異なった大きさに設定

されている。すなわち、顔を斜め右方向から撮影していることから(左側エッジに対するしきい値K2)<(右側エッジに対するしきい値K3)のように定められている。

【0044】そして、鼻筋領域の画像全面について左側エッジの場合と同様の処理を行うことにより鼻筋の右側のエッジに相当する黒／白エッジが抽出される。右側のエッジ抽出処理による2値画像の例を図10(B)に示す。

10 【0045】次に、図7に基づいて、左側エッジの抽出結果及び左側エッジの抽出結果に対して行う左右エッジの対抽出処理ルーチンについて説明する。この左右エッジの対抽出処理では、左右のエッジが近接して存在する点を抽出する。

【0046】ステップ170では右側エッジ点を選択し、ステップ172で図9に示すように、右側のエッジ点を起点として、左方向へ適当な距離だけ水平方向に探索していき、ステップ174で左側のエッジ点が存在するか否かを判断する。左側のエッジ点が存在すれば、ステップ176で起点とした右側エッジ点及び右側エッジ点に対応する左側エッジ点をエッジ対として採用する。エッジ対として採用した場合には、右側エッジの座標をRAM等のメモリに記憶する。

【0047】一方、左側エッジ点が存在しなければ、ステップ178において選択した右側のエッジ点を消去する。そして、ステップ180において右側のエッジ点の全部についてステップ170～ステップ178の処理を行った否かを判断し、行っていない場合にはステップ170に戻って上記の処理を繰り返す。

30 【0048】以上の結果、左右のエッジ対が存在する場合に右側のエッジの座標が記憶され、この右側のエッジの座標で表される領域が鼻筋候補領域として図10

(C)の例に示すように抽出される。この鼻筋候補領域は通常複数個抽出される。図13は、顔領域と抽出された鼻筋候補領域との関係を示すものであり、図13では鼻筋候補領域1、2の2つの候補が抽出されている。

【0049】次に、図11を参照して抽出された複数の鼻筋候補領域から鼻筋を検出する処理を行うステップ104の詳細について説明する。ステップ200では、ステップ102で抽出された複数の鼻筋候補領域の各々に対して、図12に示すように、各鼻筋候補領域の右上、左下の位置座標を求める。なお、鼻筋候補領域の位置座標の算出の詳細については後述する。

【0050】ステップ202では、抽出された鼻筋候補領域を線分と仮定し、鼻筋候補領域の右上、左下の位置座標から鼻筋候補領域の縦の長さを算出する。

【0051】ステップ204では、鼻筋候補領域の縦方向の長さとして予め定められたしきい値Lとを比較し、縦方向の長さがしきい値Lを越えている場合にステップ206で鼻筋候補として選択する。一方、鼻筋候補領域の縦

方向の長さがしきい値L以下の場合には鼻筋候補として選択することなく次のステップに進む。

【0052】ステップ208では、全鼻筋候補領域についてステップ200～ステップ206の処理を終了したか否かを判断し、終了していない場合にはステップ200に戻って上記の処理を繰り返し、終了した場合にはステップ210において選択された鼻筋候補のうち縦方向の長さが最も長い鼻筋候補を鼻筋として選択する。図13の例では、鼻筋候補領域1が選択される。鼻筋候補が選択されなかった場合は、鼻筋の検出は不可となり図2のステップ106で否定判断される。

【0053】図2のステップ110では、上記のようにして選択された鼻筋を示す領域の右上、左下の位置座標を結んだ直線の中点座標（図14）を演算する。

【0054】図2のステップ112では、ステップ110で演算された中点座標を鼻筋の中心点であると仮定して、この中点座標から眼が存在すると予想される眼領域を設定する。この眼領域は、顔の統計的情報に基づいて決定された鼻と眼との位置関係に基づいて設定される。この鼻と眼との位置関係は、図15に示すように、中心座標（鼻筋中点）が右下角に位置するL1×L3の矩形とこの矩形から右方向に距離L2だけ離れたL1×L3の矩形とで表され、各矩形の中に眼が存在すると仮定される。そして、顔領域のサイズを算出し、この顔領域のサイズに応じてL1、L2、L3の長さを変化させて眼領域を設定する。例えば、顔領域の縦の長さに比例させてL1の長さを変化させる。また、顔領域の横の長さに比例させてL2、L3の長さを変化させる。なお、顔領域の縦及び横の長さの各々に比例させてL1、L2、L3の長さを各々変化させてもよい。

【0055】図2のステップ114の詳細を図16を参照して説明する。図16のステップ220では、設定された眼領域に対応する画像データを画像メモリ20から読み込み、ステップ222で設定された眼領域の輝度値の度数分布を表すヒストグラムを算出する。ステップ224では、算出されたヒストグラム上で度数のピークを検出する。ステップ226では、図17に示すように、ヒストグラム上で度数のピークから左へ進んでいき、最初に現れた度数の谷を検出し、この谷の輝度値をしきい値として設定する。ステップ228では、前記眼領域の各画素の輝度値としきい値とを比較し、輝度がしきい値を越える画素に対してはステップ230において出力するときの値を1とし、輝度がしきい値以下の画素に対してはステップ232において出力するときの値を0とし、2値化を行う。上記の2値化処理はステップ234で眼領域全面について処理が終了したと判断されるまで継続される。そして、眼領域全面について処理を行うことにより眼領域の画像が2値画像に変換される。このときの眼領域の原画と眼領域の2値画像の例を図18

(A)、(B)に示す。

【0056】次に、ステップ236において眼領域の2値画像に最小値フィルタ処理を実行すると、図18

(C)に示すように黒領域が検出され、検出された黒領域の中で、眼領域のほぼ中央に位置する黒領域を、眼の領域として選択する。

【0057】次に、上記ステップ200の鼻筋候補領域の位置座標算出処理ルーチンの詳細を図19を参照して説明する。この鼻筋候補領域の位置座標算出処理では、図10(C)に例示する2値画像（鼻筋候補領域画像）を右から左へスキャンすることを上から下へ順に実行しながら、ラベルが“1”の座標、すなわち2値画像の輝度値が1の座標を探索する。なお、2値画像を右から左へスキャンする理由は、ラベルが“1”であり、かつ最も右上の画素を最初に発見するためである。

【0058】ラベルが“1”である最も右上の点を発見した後、ステップ240でその座標の画素を注目画素としてその画素の周辺座標の画素のラベルを評価する。

【0059】第1番目として、図20に示すように注目画素(i, j)が含まれるスキャンラインの次のスキャンライン上の最も右側に位置するD座標のラベルを評価する（ステップ242）。D座標のラベルが“1”ならば、D座標へ移動して、D座標のラベルを“0”にする（ステップ242、244）。

【0060】第2番目として、図20に示すように注目画素の左隣に位置するC座標のラベルを評価する（ステップ246）。C座標のラベルが“1”ならば、C座標へ移動して、C座標のラベルを“0”にする（ステップ246、248）。

【0061】第3番目として、図20に示すようにC座標の下側に位置するB座標のラベルを評価する（ステップ250）。B座標のラベルが“1”ならば、B座標へ移動して、B座標のラベルを“0”にする（ステップ250、252）。

【0062】第4番目として、図20に示すように注目画素の下側に位置するA座標のラベルを評価する（ステップ254）。A座標のラベルが“1”ならば、A座標へ移動して、A座標のラベルを“0”にする（ステップ254、256）。

【0063】第5番目として、図20に示すようにC座標の左隣に位置するE座標のラベルを評価する（ステップ258）。E座標のラベルが“1”ならば、E座標のラベルを“0”にする（ステップ258、260）。

【0064】第6番目として、図20に示すようにE座標の左隣に位置するF座標のラベルを評価する（ステップ262）。F座標のラベルが“1”ならば、F座標のラベルを“0”にする（ステップ262、264）。

【0065】ステップ266で座標の移動があったか否かを判断し、座標の移動があれば、ステップ242へ戻って移動した座標で上記ステップ242～ステップ264の処理を繰り返す。一方、ステップ266で移動がな

いと判断されたならば、A, B, C, Dの全座標のラベルが“0”なので、ラベルの探索はその座標点で終了し、右上、左下の座標をレジスタに書き込む。

【0066】鼻筋候補領域画像全面について右上に位置する注目画素を出発点として左下まで行うことにより、鼻筋候補領域の位置座標が算出される。

【0067】上記の実施の形態において、顔領域検出の際に、度数ピークから左右へ進んでいく過程で、図21に示すように、極小点が存在する場合、この極小点を境に顔領域が検出されてしまう可能性がある。そこで、以下では極小点が存在する場合でも、正確に顔領域を検出することができる顔領域検出処理について図22を参照して説明する。なお、この顔領域検出処理において、顔領域座標の算出については図3と同一部分には同一符号を付して説明する。

【0068】ステップ128では、図21に示すように、X軸上で、度数ピークの座標から、左右へ進んでいく過程で、しきい値と度数を比較しながら、最初にしきい値を横切った座標 x_a 、 x_b で囲まれる領域を、暫定的な顔領域として、顔領域座標レジスタ26に記憶する。

【0069】次のステップ270、272では、顔領域座標の最小の座標 x_a 及び最大の座標 x_b から出発してそれぞれ左右の一定範囲内の各座標の度数としきい値を逐次比較し、しきい値を超える座標が存在するかどうか判断する。一定範囲内の各座標の度数の全てが、しきい値を超えていないならば、図4に示したように顔領域内には極小点は存在しないので、顔領域座標レジスタ26に記憶された暫定的な顔領域を顔領域座標として確定する。一定範囲内の度数が、一箇所でもしきい値を超えていれば、記憶された顔領域座標は極小点で抽出された顔領域であるとみなして、ステップ274で顔領域座標レジスタの顔領域の座標を消去し、ステップ128に戻ってしきい値を超えた座標から再度、左右へ進んでしきい値と度数を比較しながら、しきい値を横切った座標を暫定的な顔領域として顔領域座標レジスタ26に記憶し、ステップ270、274を繰り返し、顔領域座標を探索する。

【0070】図21の例では、左側の一定範囲内の各座標の度数の全てがしきい値を超えていないので左側の顔領域座標として座標 x_a が確定するが、右側の顔領域座標では座標 x_c でしきい値を超えているので、顔領域座標レジスタの顔領域の座標 x_b を消去し、座標 x_c から再度右へ進んでしきい値と度数を比較しながらしきい値を横切った座標 x_d を抽出する。座標 x_d より右側の一定範囲内の各座標の度数の全てがしきい値を超えていないので、右側の顔領域座標として座標 x_d が確定する。

【0071】最終的に確定された顔領域座標は、顔領域座標レジスタに記憶される。Y軸に関しても同様な方法で顔領域座標を算出して顔領域座標レジスタに記憶する。

【0072】次に、鼻筋候補領域から鼻筋を検出する際の他の例を説明する。

【0073】予め検出された顔領域において、図23に示すように、横軸(X軸)上で中心より左側、縦軸(Y軸)上で中心より下側の領域を鼻筋候補選択領域として設定する。

【0074】図23に示す場合、鼻筋候補領域2は、前髪によって発生した候補領域である。縦軸上で中心より下側の領域に鼻筋候補選択領域を限定することにより、このような誤認識の可能性のある候補を除外することができる。

【0075】鼻筋候補領域から鼻筋を検出する際の他の例として、鼻筋候補領域の縦横比を用いた例について説明する。まず、鼻筋候補領域の右上、左下の座標から、その鼻筋候補領域の縦横比を求める。この縦横比は右上、左下の座標を結んだ線分を対角線に持つ長方形を用いて算出する。そして、縦横比に対して適当なしきい値を設定して、縦長の候補のみを選択する。

【0076】次に、眼位置検出処理の他の例を図25を参照して説明する。この例では、図24(A)に示すように、眼領域上で顔の縦方向に隣接して連続するように上側から下側に向かって設定された矩形領域1、矩形領域2、及び矩形領域3の3個の矩形領域で構成されたウィンドウ60を用いる。このウィンドウ60において、矩形領域1と矩形領域3とは同じ形状で同じ面積であり、矩形領域2の幅は矩形領域1と同じで矩形領域1の面積よりも大きく、例えば略2倍の面積を有している。

【0077】図25のステップ300では、各矩形領域内の全画素の輝度値を積算することにより輝度積算値を各々算出する。ステップ302では、各矩形領域内の輝度積算値を各矩形領域の全画素数で除算することにより、各矩形領域内の輝度平均値 P_1 、 P_2 、 P_3 (図24(B)参照)を算出し、輝度平均値レジスタ22にウィンドウの位置に応じて保存する。

【0078】次のステップ304では、隣接する矩形領域内の輝度平均値の差($P_1 - P_2$)、($P_3 - P_2$)の各々と、しきい値 K_1 とを比較し、次の条件を満足するか否かを判断する。

【0079】

($P_1 - P_2 > K_1$) かつ ($P_3 - P_2 > K_1$)

ステップ304で上記の条件を満足すると判断されたとき、すなわち隣接する矩形領域内の輝度平均値の差が大きいことから眼の候補領域であると判断される場合には、ステップ306において、顔画像が記憶されている画像メモリとは別の画像メモリ34へ輝度平均値の差の総和($P_1 - P_2$) + ($P_3 - P_2$)の値を書き込む。書き込むべき座標は、矩形領域2の中心点の座標に書き込む。同時にステップ308においてヒストグラムメモリ24に記憶されている輝度平均値の差の総和の度数分布を表すヒストグラムの総和($P_1 - P_2$) + ($P_3 -$

P2)に対する度数を1増加する。

【0080】ステップ304において上記の条件を満足しないと判断されたとき、すなわち隣接する矩形領域間の輝度平均値の差が小さい場合には、顔の肌領域であると推定してステップ310において、顔画像が記憶されている画像メモリとは別の画像メモリ34へ0を書き込む。書き込むべき座標は、矩形領域2の中心点の座標に書き込む。同時に、ステップ312においてヒストグラムメモリ24の総和が0の度数を1増加する。

【0081】次のステップ314では、眼領域全面についてステップ300～ステップ312の処理が終了したか否かを判断し、処理が終了していない場合にはウィンドウを1画素ずらしてステップ300に戻り、上記の処理を繰り返す。

【0082】上記の処理を、矩形のウィンドウを1画素ずつずらしながら、入力画像である眼領域全面に対して行うことにより、輝度平均値の差の値が書き込まれた画像及びヒストグラムが得られる。

【0083】ステップ314で眼領域全体について処理が終了していると判断された場合は、ステップ316においてヒストグラムメモリに記憶されているヒストグラムに基づいて輝度平均値の差の総和($P1 - P2$) + ($P3 - P2$)に対するしきい値K2を算出する。すなわち、ヒストグラムの上位の度数から度数を積算し、積算した値が全度数に対して所定割り合いに到達した際の総和($P1 - P2$) + ($P3 - P2$)の値をしきい値K2として設定する。この全度数に対する所定割り合いは、予めシミュレーション等によって設定される。

【0084】ステップ318では、各画素の輝度平均値の差の総和($P1 - P2$) + ($P3 - P2$)としきい値K2とを比較して次の条件を満足するか否かを判断する。

【0085】($P1 - P2$) + ($P3 - P2$) > K2
上記条件を満足する画素に対してはステップ320において出力するときの値を1とし、上記条件を満足しない画素に対してはステップ322において出力するときの値を0とし、2値化を行う。上記の2値化処理はステップ324で眼領域全面について処理が終了したと判断されるまで継続される。そして、眼領域全面について処理を行うことにより2値画像が得られる。得られた2値画像のうちラベル1の領域が眼の位置となる。

【0086】次に、ステップ108における鼻筋検出ができなかった場合の顔領域における眼位置検出処理について説明する。上記で説明した図25の処理ルーチンを用いて眼候補領域を抽出する。ただし、この場合は、眼領域だけでなく顔領域全体で候補抽出を実行する。候補抽出結果として図26に示すような結果が得られるので、複数の候補から以下のようにして最終的に眼の領域を選択する。

【0087】すなわち、顔領域において、次の条件によ

り選択する。まず、横長の形の眼候補領域を選択する。この横長の形の眼候補領域は、上記で説明した縦横比をそれぞれの眼候補領域に対して求め、この縦横比を用いて所定のしきい値を設定し、所定のしきい値の範囲内の横長の形の領域を眼候補領域として選択することにより選択する。横長の形の眼候補領域が複数選択された場合には、以下の方法で眼の領域を選択する。

【0088】顔領域の中で、最も上に位置しており、かつ上下に略平行に並んだ2つの眼候補領域の対を選択する。この2つの眼候補領域のうち、上側は眉の領域と考えられるので、下側の眼候補領域を眼の領域として選択する。一方、眼候補領域の対が発見できない場合は、顔領域の中で、最も上に位置している眼候補領域を、眼の領域として選択する。

【0089】なお、上記の実施の形態では、カメラによってドライバーの顔をドライバーに向かって右斜め前方から撮影する場合について説明したが、ドライバーの顔をドライバーに向かって左斜め前方から撮影してもよく、ドライバーに向かって右斜め前方または左斜め前方から光を受けているドライバの顔を真正面、左斜め前方、または右斜め前方から撮影してもよい。ドライバーに向かって右斜め前方から光を受けているドライバの顔を撮影する場合には、上記と同様に(左側エッジに対するしきい値K2) < (右側エッジに対するしきい値K3)であり、ドライバーに向かって左斜め前方から撮影する場合及びドライバーに向かって左斜め前方から光を受けているドライバの顔を撮影する場合には、(左側エッジに対するしきい値K2) > (右側エッジに対するしきい値K3)である。

【0090】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、鼻の左右のエッジを独立して抽出し、その後、左右のエッジの対を検出しているので、鼻の角度、向き等に影響されずに、安定して鼻の位置を検出でき、顔の領域を予め検出することにより、眼鏡が存在する場合においても、眼鏡のフレームを誤って、鼻筋と誤認識することを避けることができ、また眼鏡が存在するような複雑な場合においても、鼻の位置を検出することにより、眼の存在する領域を安定して特定することができる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態のブロック図である。

【図2】本実施の形態の眼位置検出処理ルーチンを示す流れ図である。

【図3】図2のステップ100の詳細を示す流れ図である。

【図4】2値画像をX軸に投影したヒストグラムを示す線図である。

【図5】左側エッジ抽出処理ルーチンを示す流れ図である。

【図6】右側エッジ抽出処理ルーチンを示す流れ図である。

【図7】左右エッジの対抽出処理ルーチンを示す流れ図である。

【図8】(A)は左側エッジ抽出処理用のウィンドウの平面図、(B)右側エッジ抽出処理用のウィンドウの平面図である

【図9】左右エッジの対抽出処理を説明するための流れ図である。

【図10】(A)は左側エッジ抽出処理による2値画像の平面図、(B)右側エッジ抽出処理による2値画像の平面図、(C)はエッジ対抽出結果である鼻筋候補領域画像を示す平面図である

【図11】図2のステップ104の詳細を示す流れ図である。

【図12】各鼻筋候補領域の右上、左下の位置座標を示す線図である。

【図13】鼻筋候補領域と顔領域の位置関係を示す線図である。

【図14】鼻筋領域と中点との位置関係を示す線図である。

【図15】鼻筋中点と眼領域との関係を示す線図である。

【図16】図2のステップ114の詳細を示す流れ図である。

【図17】眼領域ヒストグラムを示す線図である。

【図18】(A)は眼領域原画像を示す図、(B)は眼領域2値画像を示す図、(C)は最小値フィルタ実行後の画像を示す図である。

【図19】図11のステップ200の詳細を示す流れ図である。

【図20】注目画素と周辺画素との関係を示す図である。

【図21】極小点が存在する場合のヒストグラムを示す線図である。

【図22】極小点が存在する場合の顔領域を検出する処理ルーチンを示す流れ図である。

【図23】鼻筋候補選択領域と顔領域との関係を示す図である。

【図24】(A)は眼を抽出するウィンドウ構成を示す図、(B)は輝度平均値を示す図である。

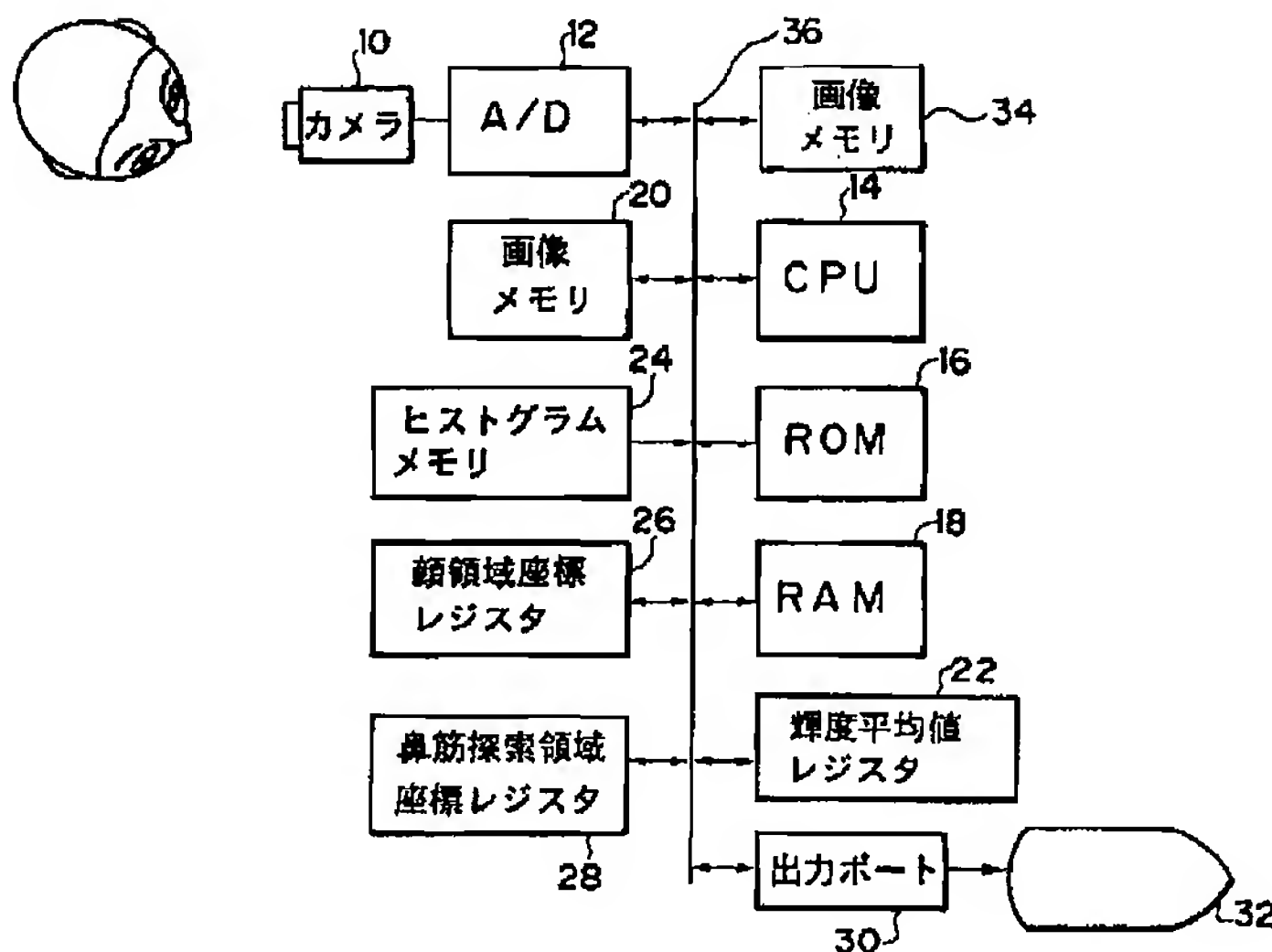
【図25】眼領域を2値画像に変換するルーチンを示す図である。

【図26】眼領域抽出結果を示す図である。

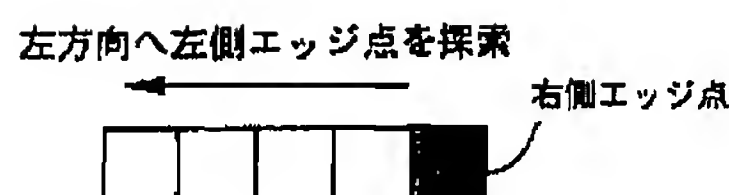
【符号の説明】

- 10 カメラ
- 12 アナログーデジタル変換器
- 20 画像メモリ
- 22 平均値レジスタ
- 24 ヒストグラムメモリ

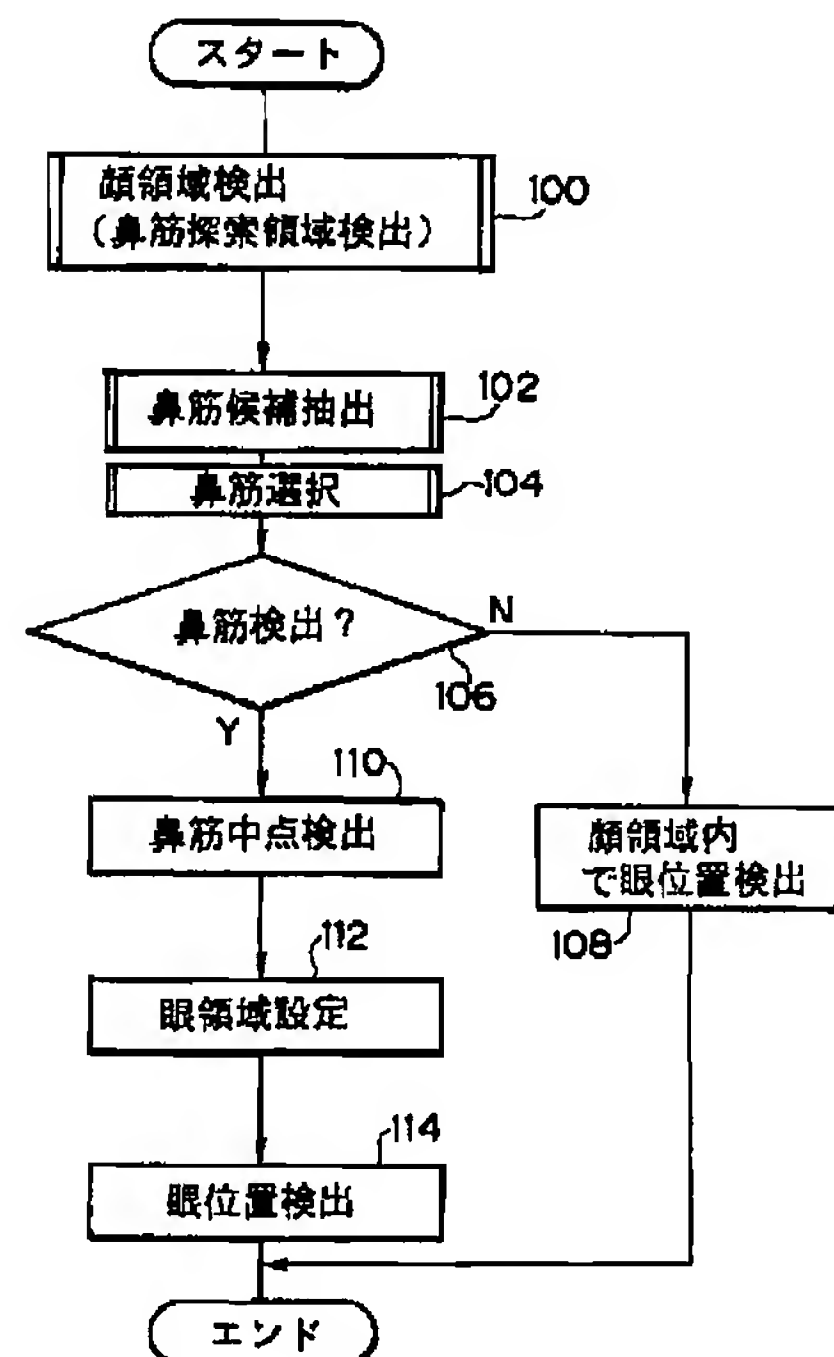
【図1】



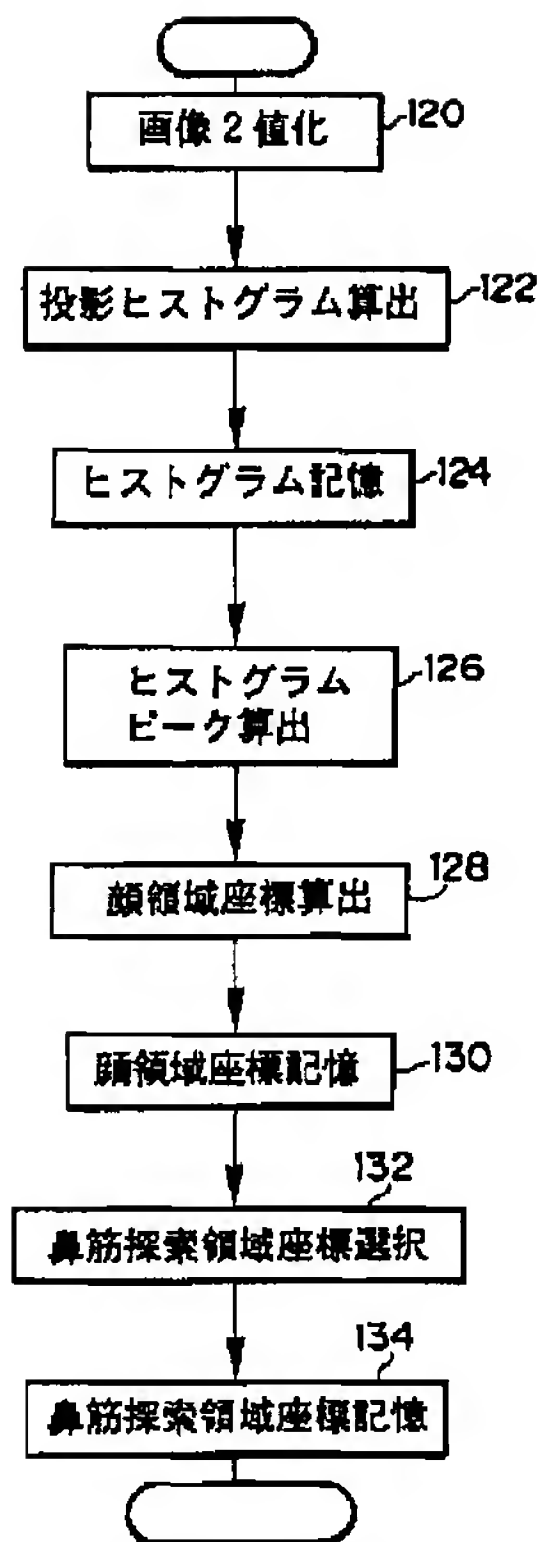
【図9】



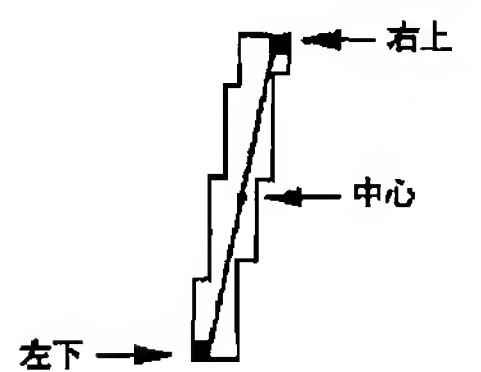
【図2】



【図3】

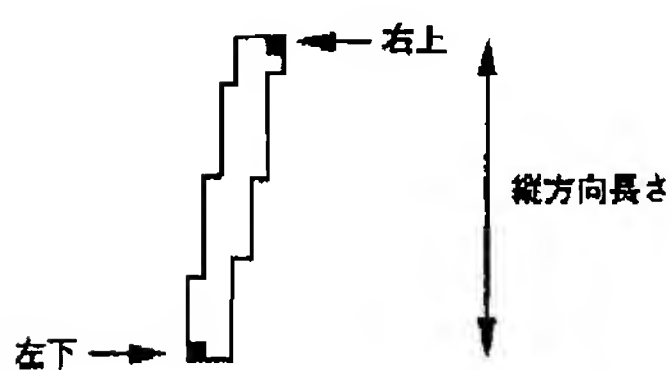


【図14】

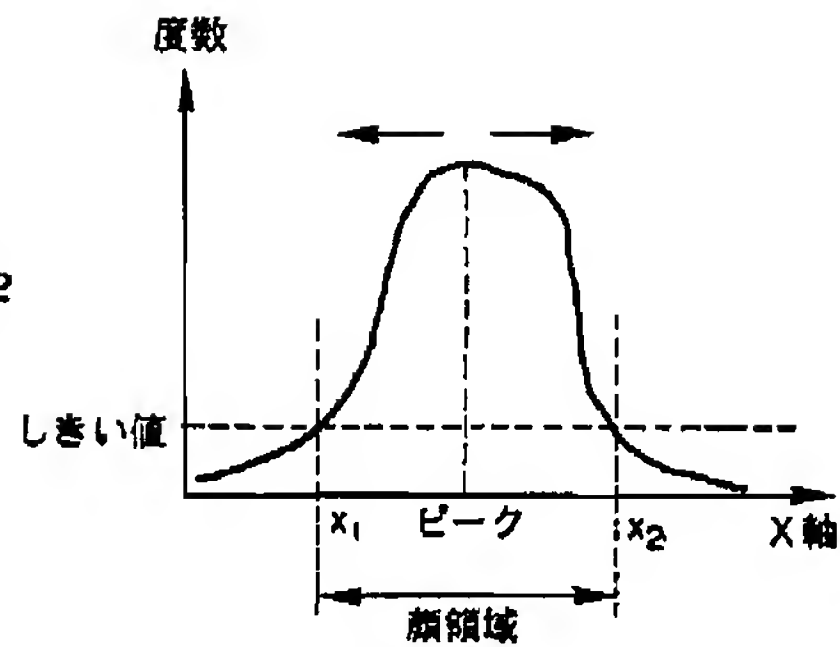


鼻筋横補領域と中点の位置関係

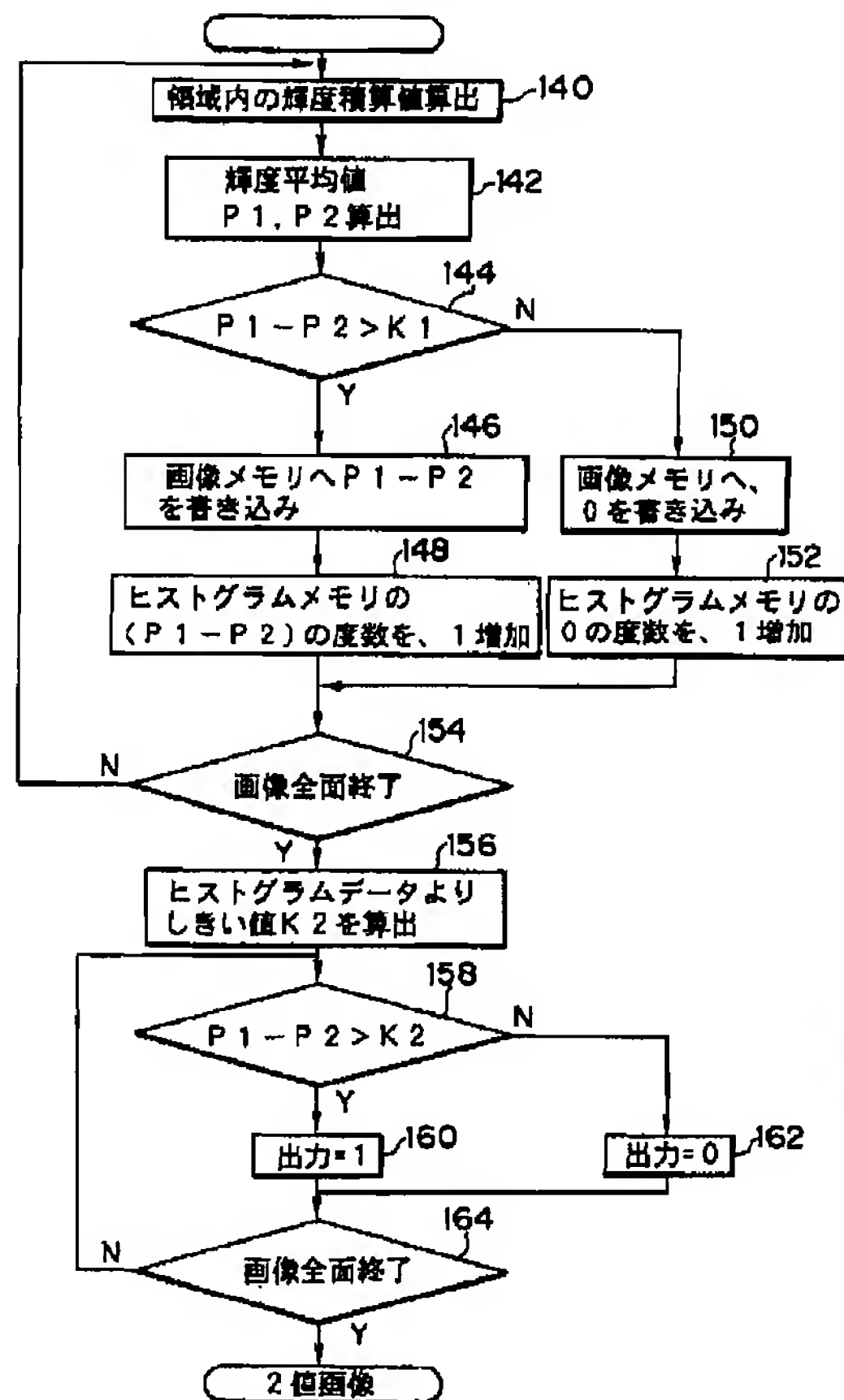
【図12】



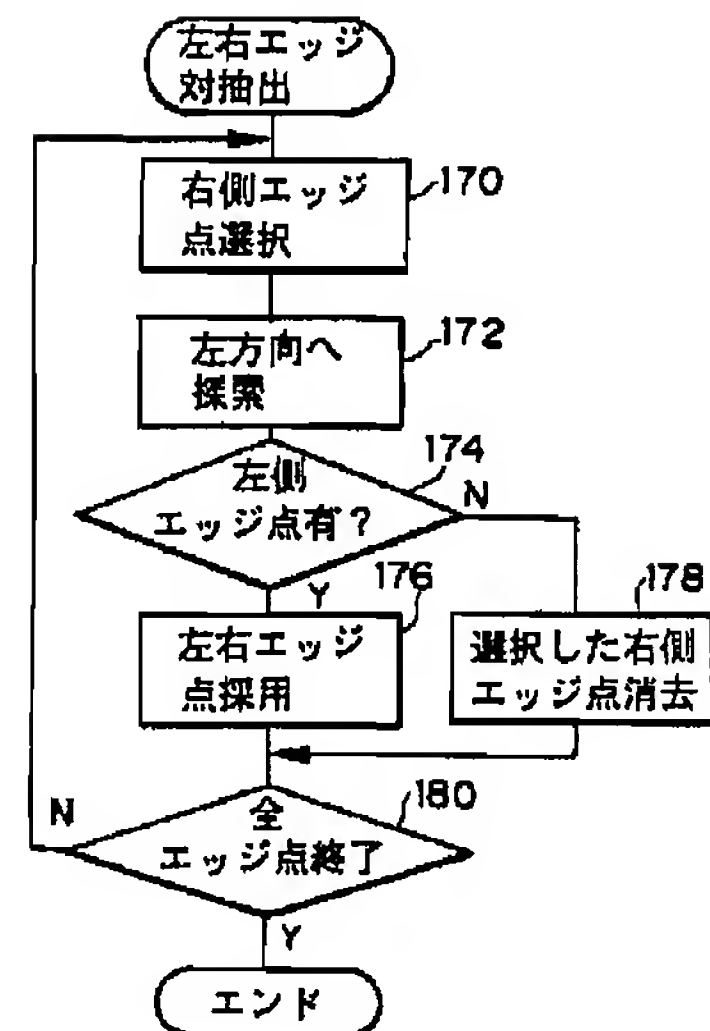
【図4】



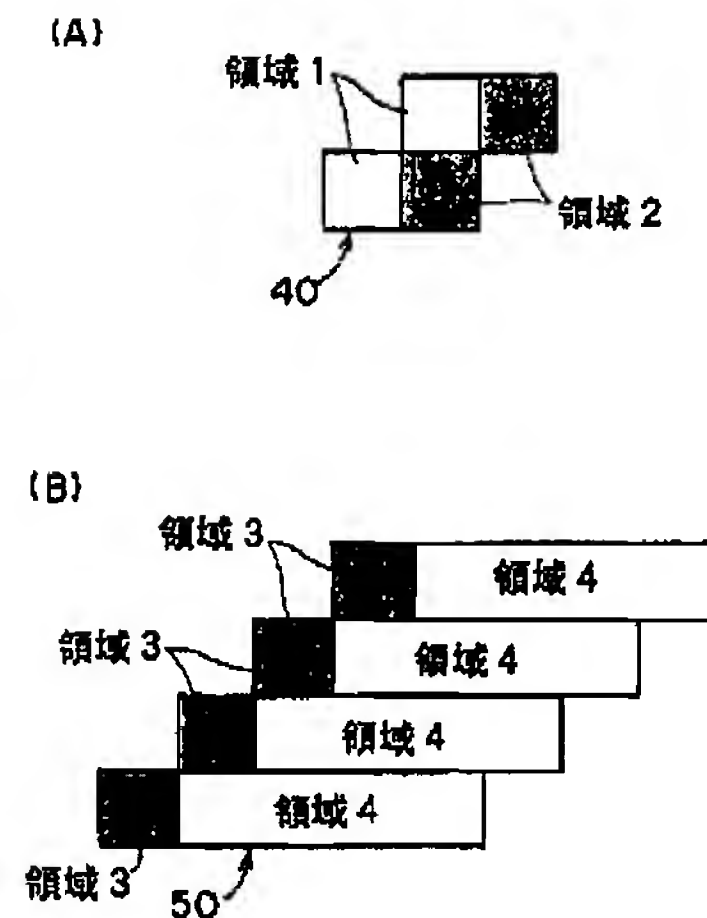
【図5】



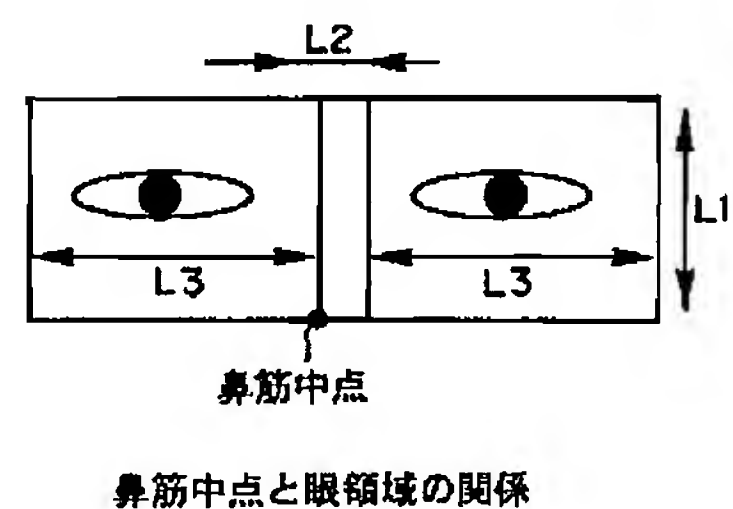
【図7】



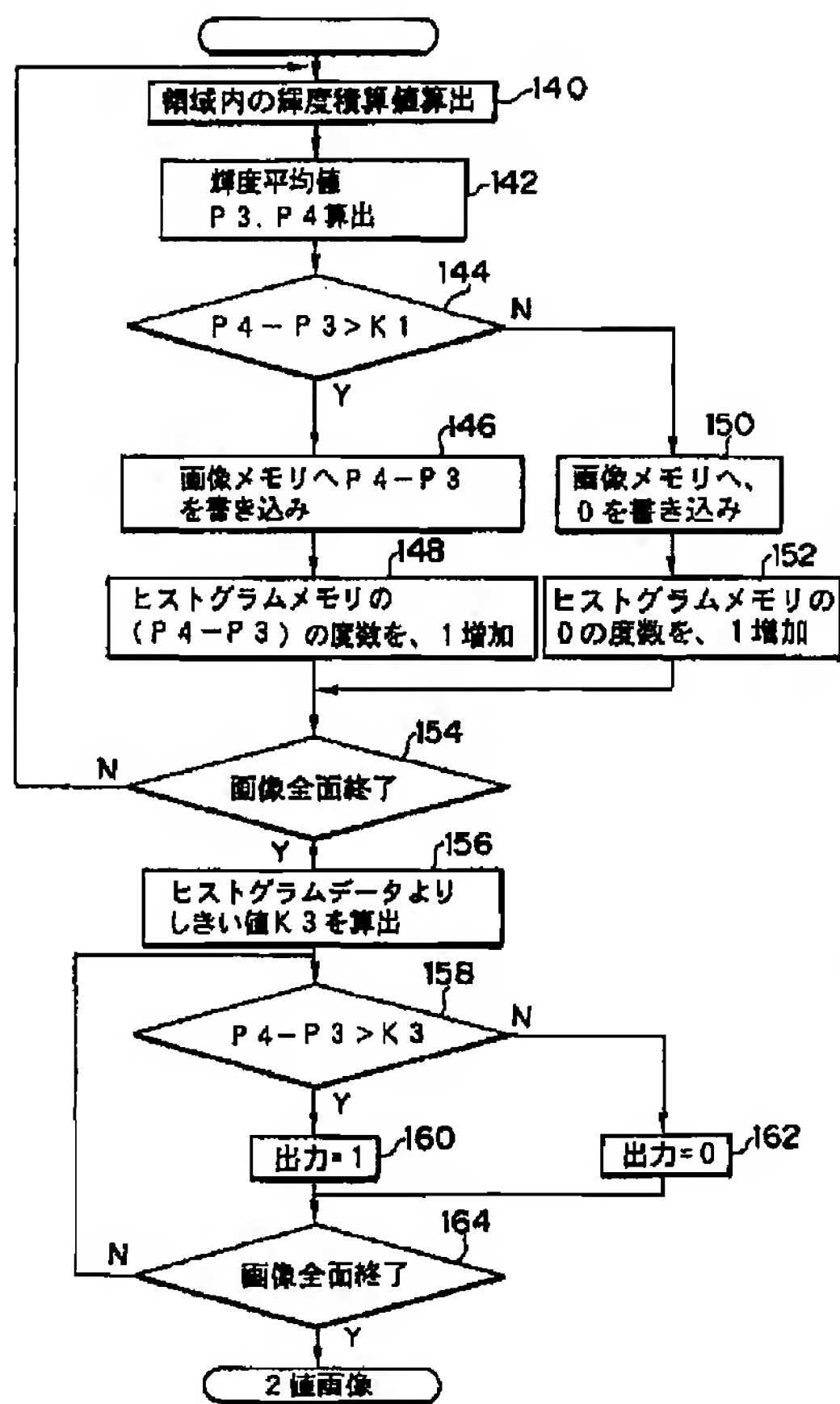
【図8】



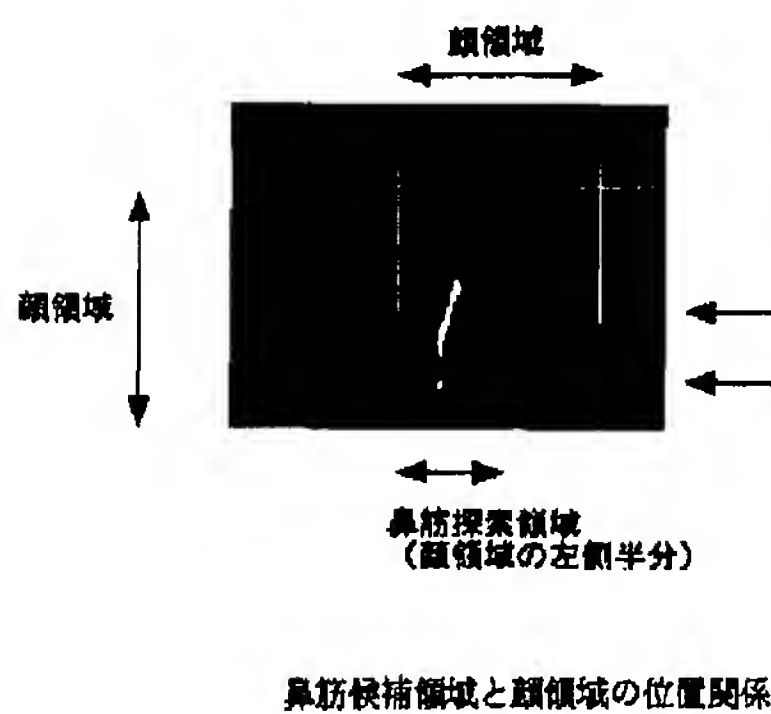
【図15】



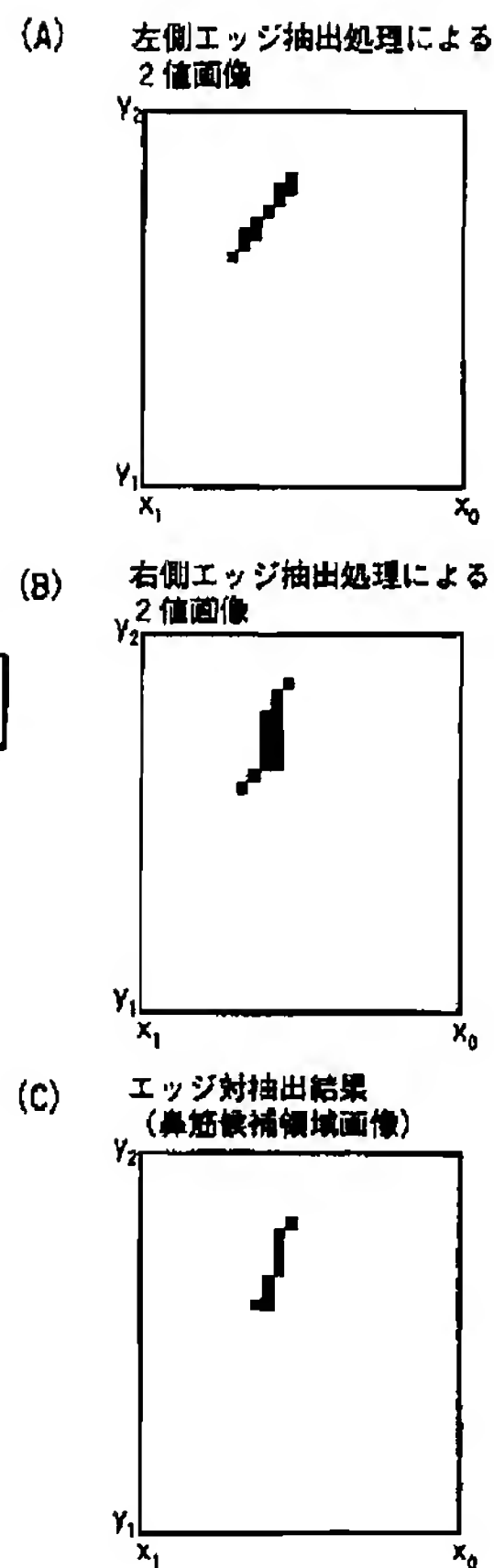
【図6】



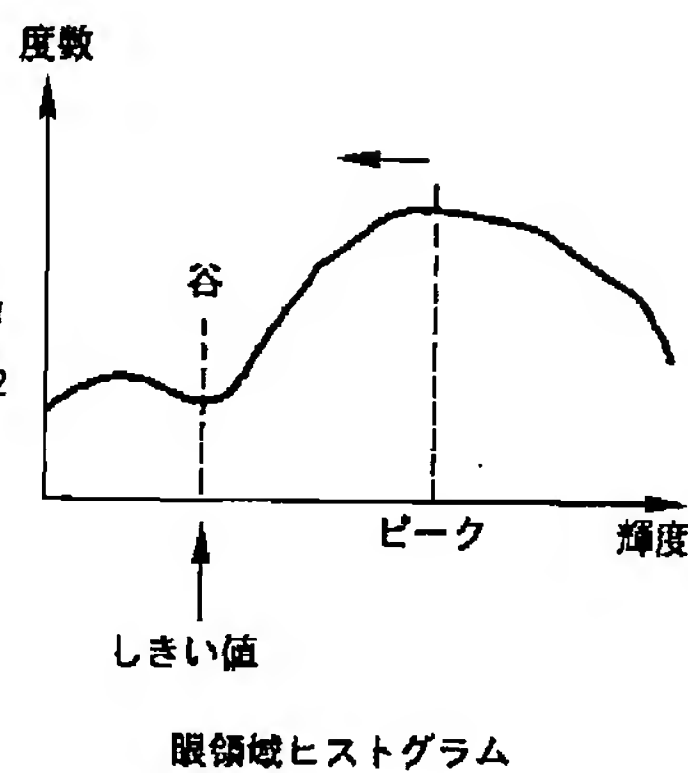
【図13】



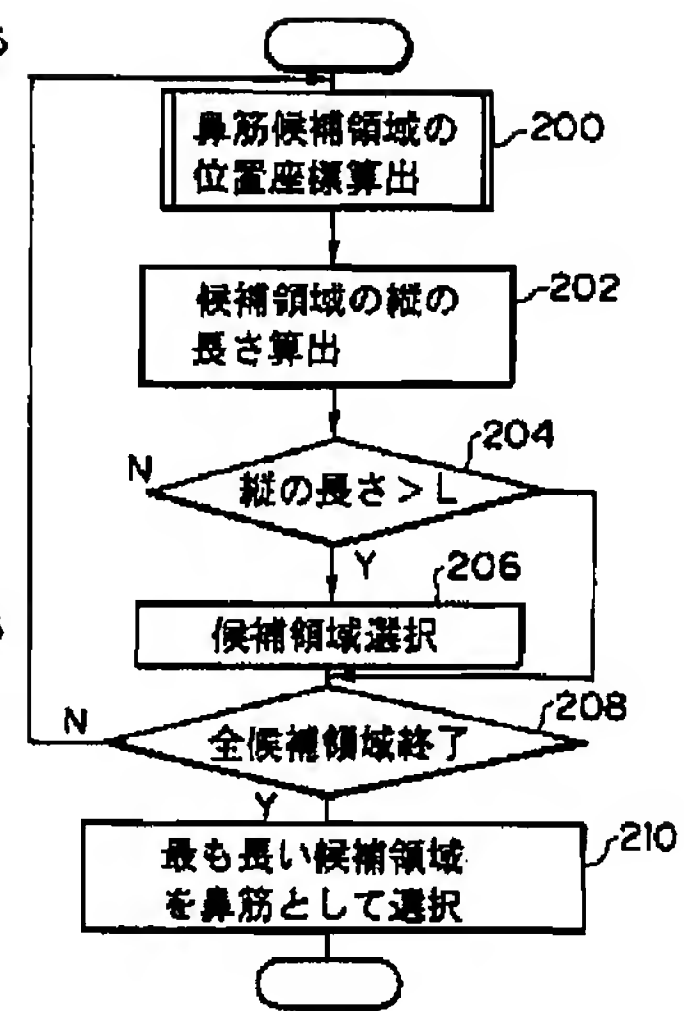
【図10】



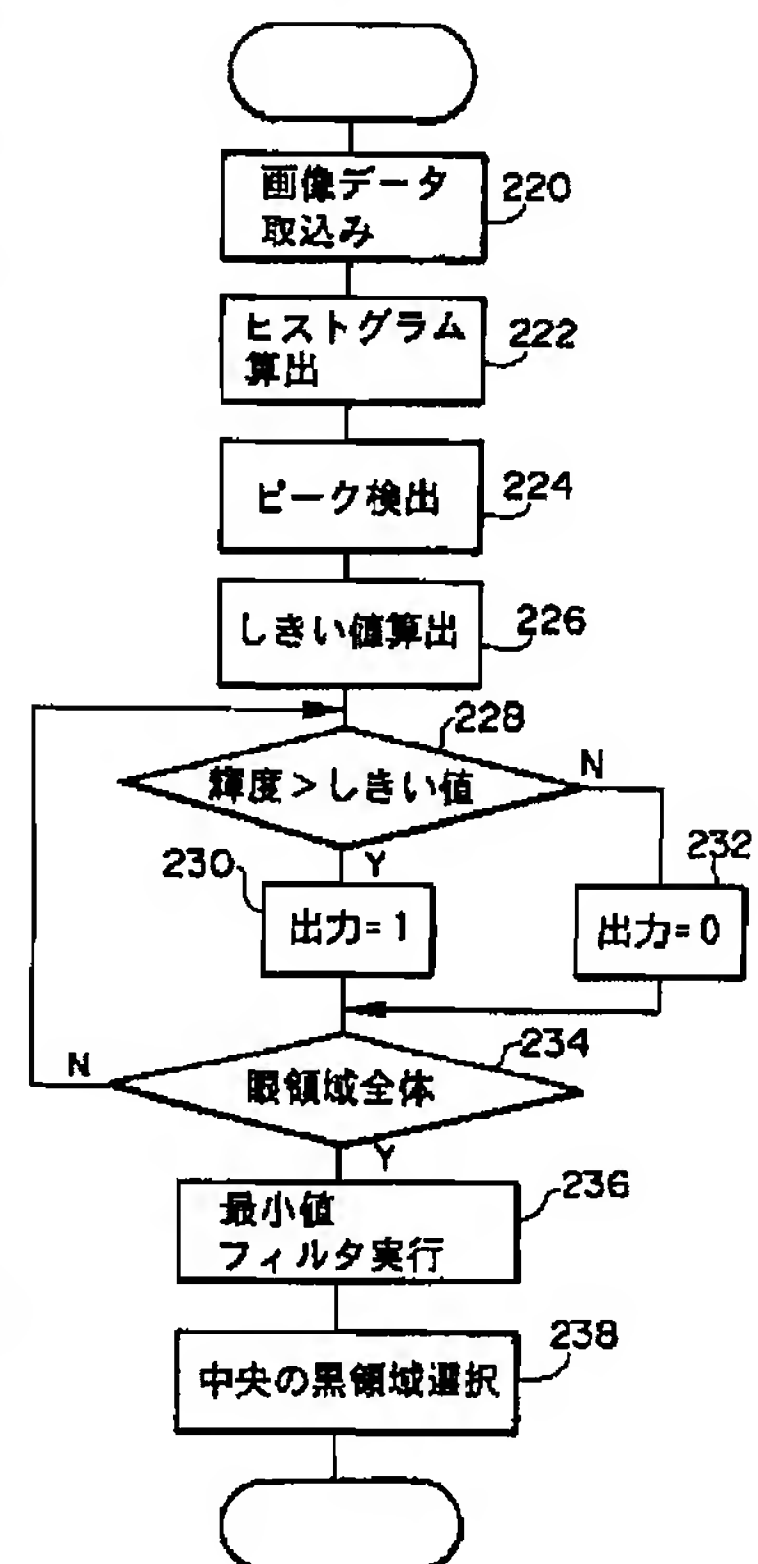
【図17】



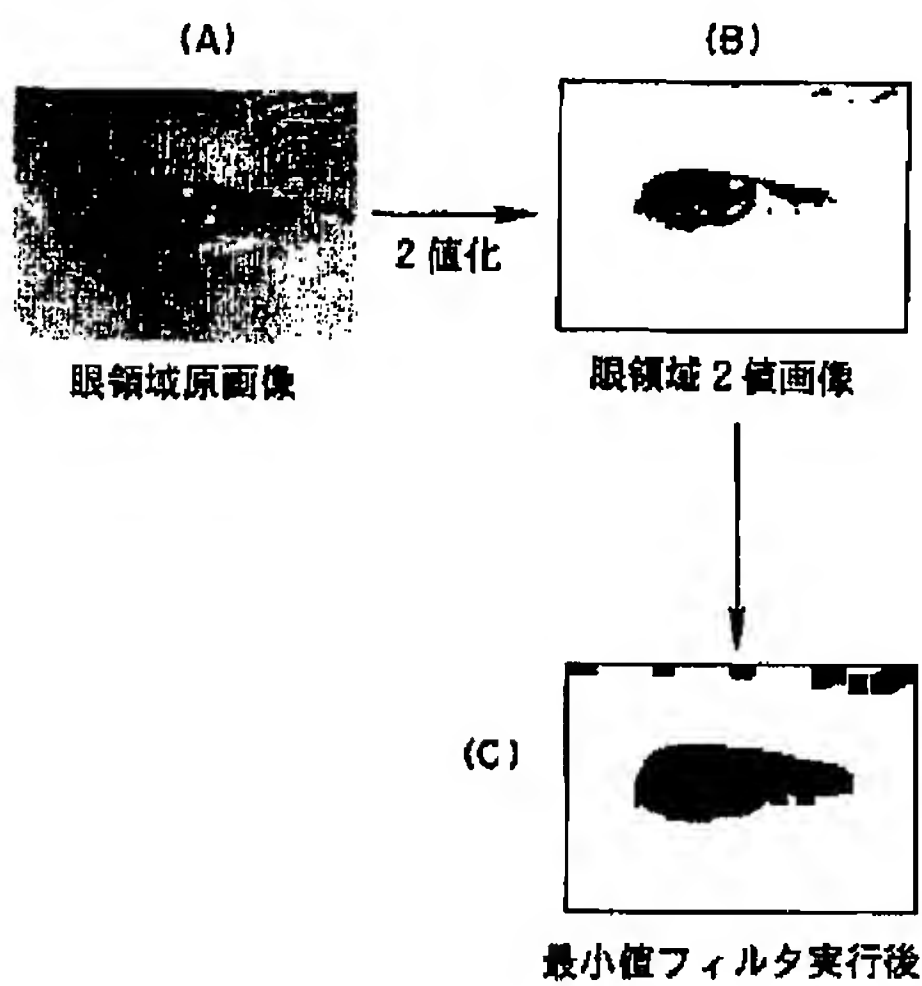
【図11】



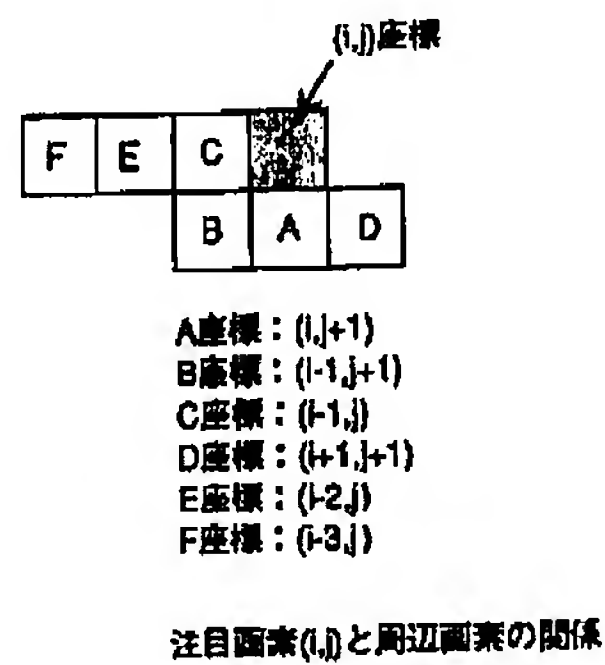
【図16】



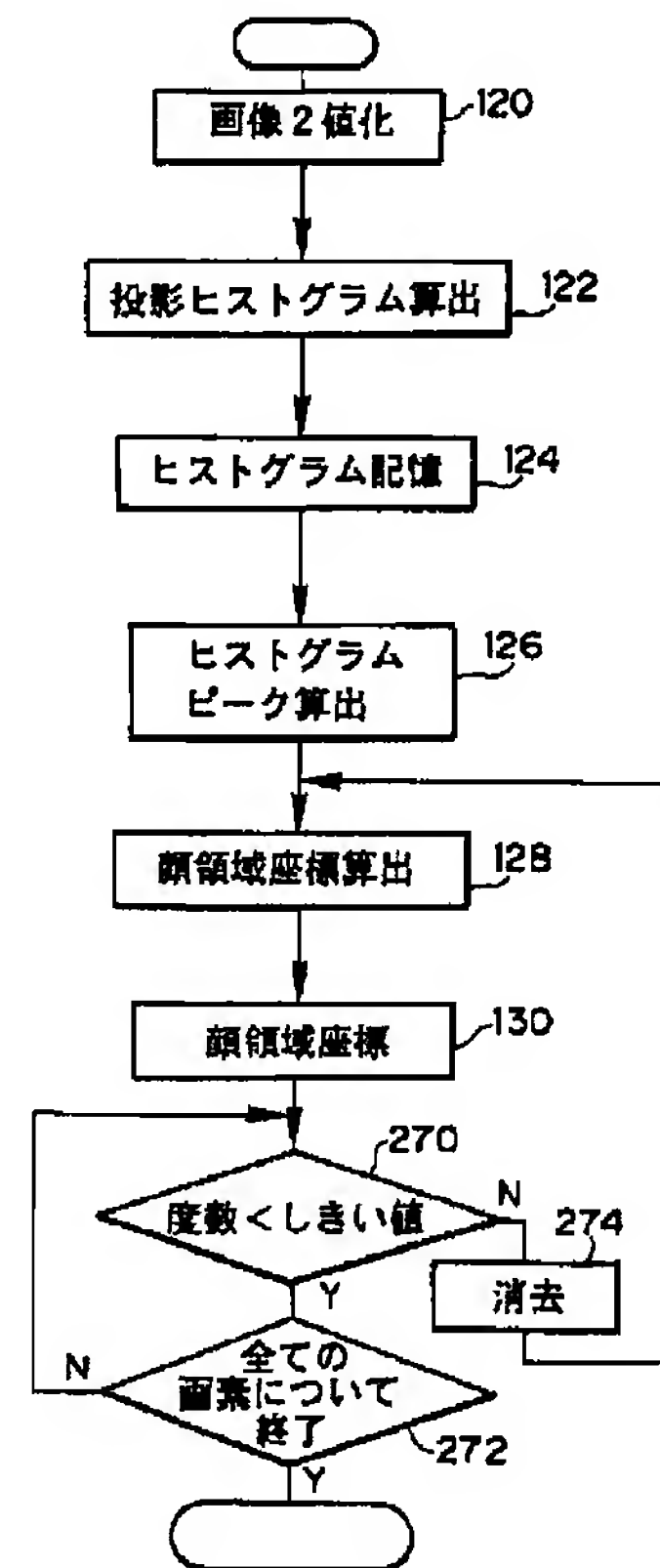
【図18】



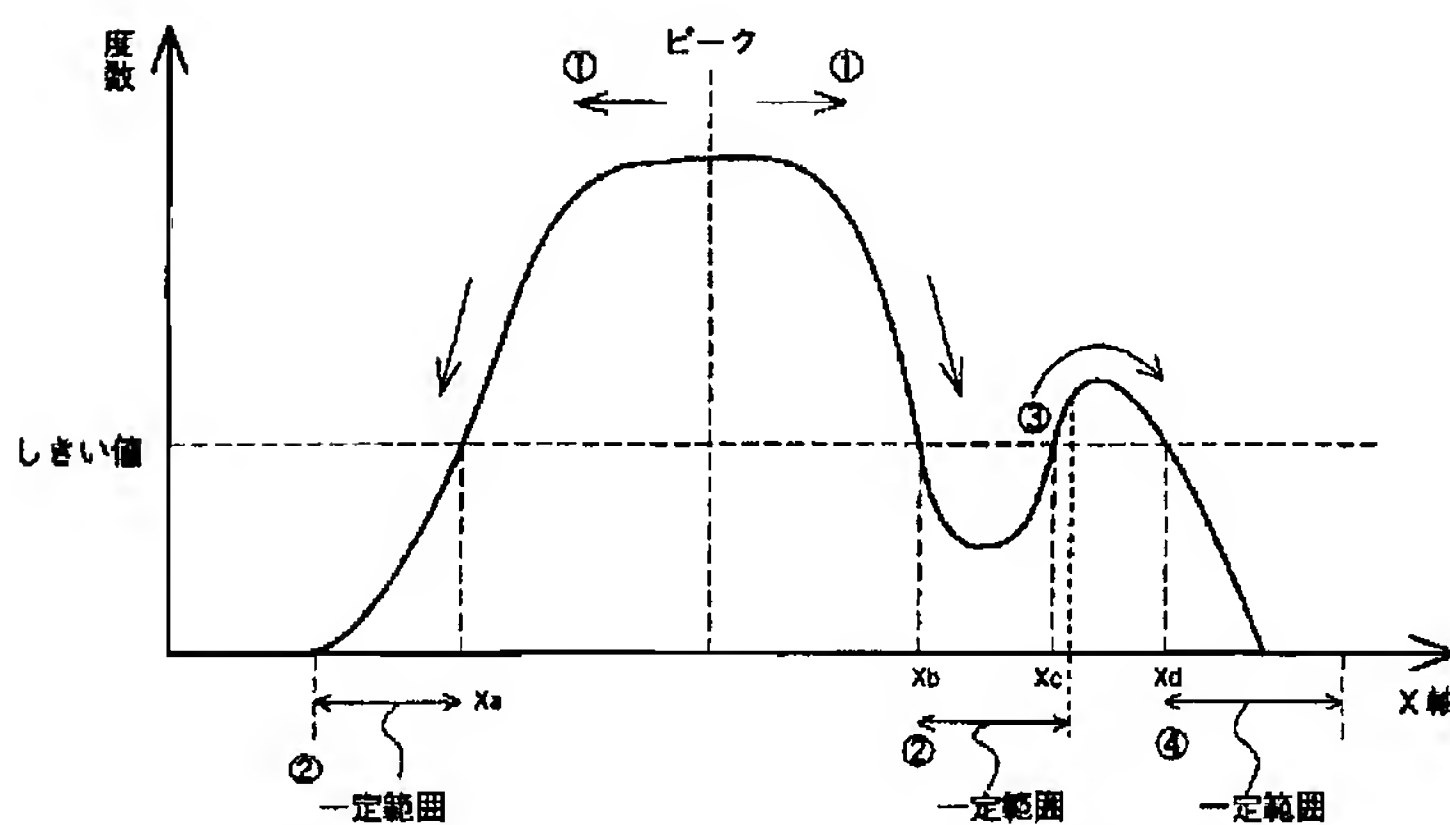
【図20】



【図22】



【図21】

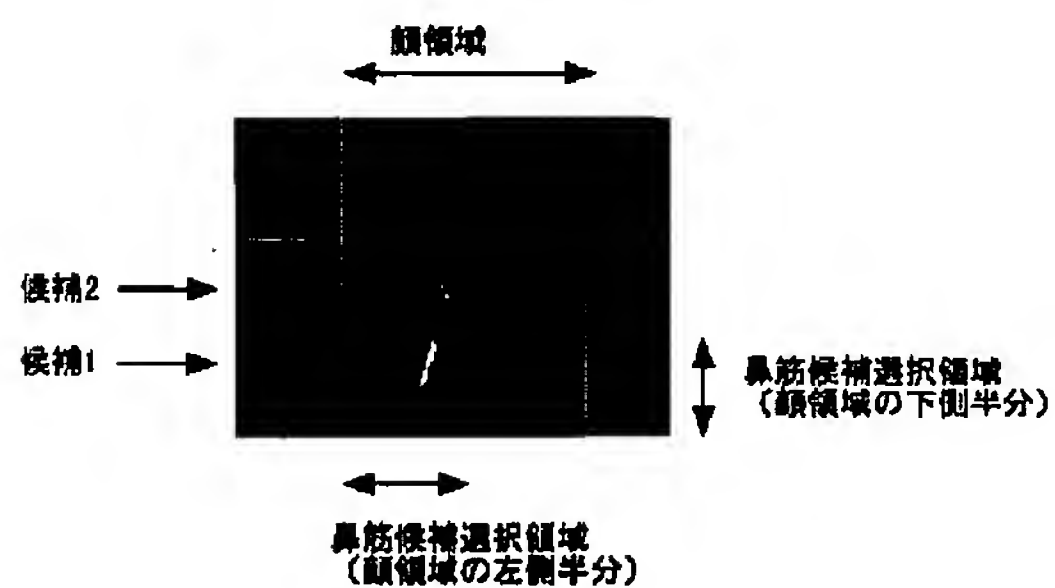


【図26】



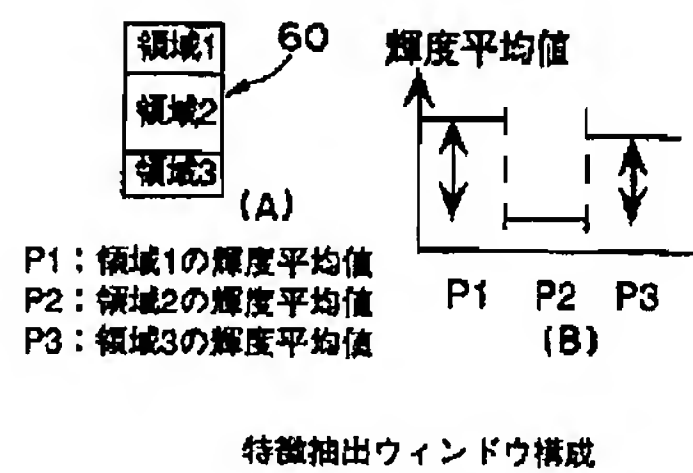
眼候補領域抽出結果

【図23】

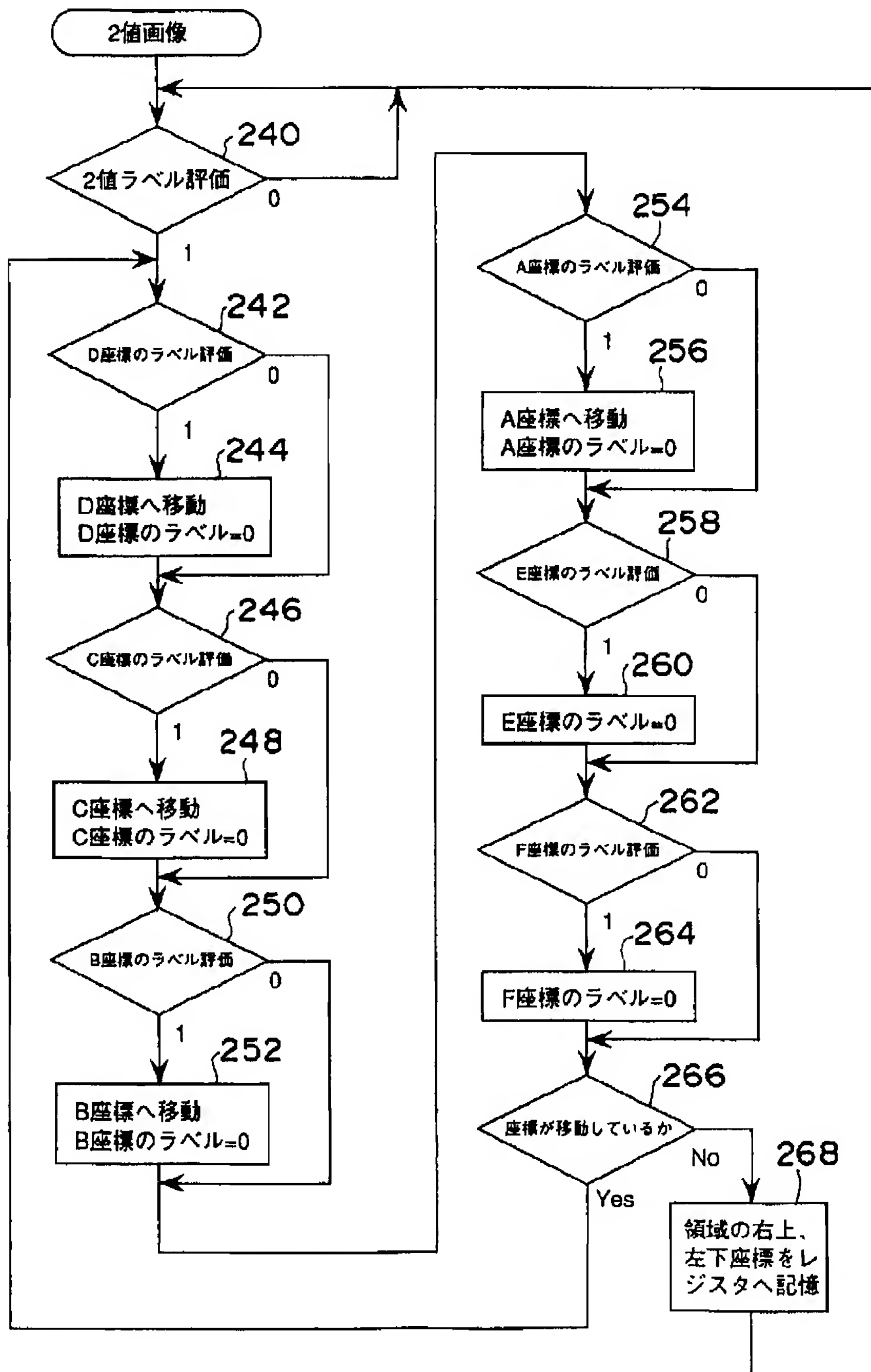


鼻筋候補選択領域と顔領域の位置関係

【図24】



【図19】



【図25】

